

DOI:10.3969/j.issn.1000-9760.2025.06.013

胫骨平台后外侧骨折的手术入路研究进展

宋林涛¹ 综述 贾代良^{1,2} 审校¹济宁医学院临床医学院(附属医院), 济宁 272013; ²济宁医学院附属医院急诊外科, 济宁 272029)

摘要 胫骨平台后外侧骨折所处解剖位置深在,且骨折块隐匿,常导致术中视野暴露不充分、操作空间受限。为提升视野显露效果、促进骨折解剖复位与固定,临床上陆续发展了多种手术入路。目前,手术入路的选择仍存争议,核心问题集中于微创入路与扩大显露入路之间的取舍,以及是否联合截骨策略以获取更佳操作视野。本文基于近年来的相关文献,系统梳理了后外侧、后正中、前外侧、腓骨小头上入路等非截骨入路,以及腓骨颈截骨、腓骨头截骨、股骨髁上截骨及 Gerdy 结节截骨等截骨入路的适应证、技术要点与临床效果,并对未来个体化入路选择与精准手术技术的发展方向进行展望。

关键词 胫骨平台骨折;后外侧;手术入路

中图分类号:R683.42 文献标识码:B 文章编号:1000-9760(2025)12-556-06

Advances in surgical approaches for posterolateral tibial plateau fractures

SONG Lintao¹, JIA Dailiang^{1,2}¹School of Clinical Medicine (Affiliated Hospital), Jining Medical University, Jining 272013, China;²Department of Emergency Surgery, Affiliated Hospital of Jining Medical University, Jining 272029, China)

Abstract: Posterolateral tibial plateau fractures are characterized by their deep anatomical location and occult fracture fragments, which often lead to inadequate intraoperative exposure and limited operational space. To improve visual exposure and facilitate anatomical reduction and stable fixation of the fracture, various surgical approaches have been developed in clinical practice. However, the selection of surgical approaches remains controversial, with the core issue centering on the trade-off between minimally invasive approaches and extended exposure approaches, as well as whether to combine osteotomy strategies to achieve better operational visibility. Based on recent relevant literature, this article systematically reviews non-osteotomy approaches, such as the posterolateral, posterior midline, anterolateral, and suprafibular head approaches, as well as osteotomy approaches, including fibular neck osteotomy, fibular head osteotomy, supracondylar femoral osteotomy, and Gerdy's tubercle osteotomy, in terms of their indications, technical key points, and clinical outcomes. Additionally, it offers prospects for the future development of individualized approach selection and precise surgical techniques.

Keywords: Tibial plateau fracture; Posterolateral; Surgical approach

胫骨平台后外侧骨折 (posterolateral tibial plateau fracture, PTPF) 是一种特殊类型的关节内骨折, 约占全部胫骨平台骨折的 20%^[1]。损伤机制多为膝关节屈曲或半屈曲状态下承受轴向与外翻联合应力, 导致胫骨平台后外侧髁与股骨外侧髁撞击, 加之该区域骨质相对薄弱, 从而引发骨折塌陷^[2-3]。从生物力学与治疗目标来看, 胫骨平台后外侧关节面对维持膝关节屈曲稳定性具有不可替代的作用。因

此, 治疗上普遍采用切开复位支撑钢板内固定术, 以实现解剖复位、恢复关节面平整并保护透明关节软骨的完整性^[4-6]。然而, PTPF 因其解剖位置深, 骨折块常被腓骨头及外侧副韧带等结构遮挡, 且毗邻重要神经血管, 致使手术显露困难且操作空间受限^[7]。为获得充分手术视野并实现满意复位, 临床已发展出多种手术入路, 本文旨在综述近年来相关临床研究进展, 系统探讨各类手术入路的技术特点、适用范围及发展趋势。

1 PTPF 手术入路的分类与演进

Schatzker 分型是临床应用最广泛的胫骨平台骨折分型

[基金项目] 济宁市重点研发计划(2024YXNS243)

[通信作者] 贾代良, E-mail: 237849399@qq.com

系统,但其对后髌骨折关注不足。后续基于 CT 扫描提出的三柱分类法(外侧柱、内侧柱及后柱)虽弥补了这一缺陷,但其相对宏观和简化,难以精细描述骨折形态细节,且对复杂骨折的治疗方案指导存在一定模糊性。姚翔等^[8]于 2020 年提出的四柱九区分型进一步阐释了 7 种损伤机制,为 PTPF 诊疗提供了新依据。在分型体系不断演进的同时,PTPF 的手术入路也经历了持续优化与创新。早期主要依赖传统的后外侧、前外侧等非截骨入路,通过有限的软组织间隙进行间接操作。随着对复位质量要求的提高,出现了多种改良入路(如后外侧倒 L 形入路、Frosch 入路及其改良术式),旨在通过优化切口与解剖间隙来扩大视野并降低神经血管损伤风险。为处理更为复杂的骨折类型,截骨入路(如腓骨颈截骨、Gerdy 结节截骨等)被逐步应用,通过临时截除部分骨性结构以获得直接、广阔的术野。近年来,关节镜辅助技术及个体化导航的应用,标志着 PTPF 手术治疗进入了兼顾显露充分性与组织保护的新阶段。根据是否截骨及显露方式的不同,可将其大致分为非截骨入路、截骨入路与微创入路 3 类。理解各类入路的解剖路径、显露范围与风险特点,是实现个体化治疗的关键。

1.1 基于解剖间隙的非截骨入路

1.1.1 后外侧入路:经典术式的利与弊 后外侧入路是治疗单纯性 PTPF 的经典术式。其技术核心在于经股二头肌上缘至腓骨头后方的切口,通过系统性地分离保护腓总神经,牵开腓肠肌外侧头与腓肌腱,并剥离部分比目鱼肌,从而直接显露包含关节面在内的后外侧骨折块,为直视下精确复位与钢板固定创造了条件。现有临床证据肯定了其有效性,如 Alencan Neto 等^[9]的应用报告显示,11 例患者均获骨性愈合且功能评分(AKSS)优异。然而,该研究样本量有限,其结论的普适性仍需更大规模研究验证。此入路虽兼具便捷性与微创优势,适用于单纯的、局限的胫骨平台后外侧劈裂或塌陷骨折,但其固有的局限性亦十分突出:首先,术中存在损伤腓总神经及腓窝血管的风险;其次,其显露范围有限,对于骨折线向干骺端延伸或合并后内侧柱损伤的复杂类型显露不足,复位与固定面临挑战。

针对传统后外侧入路的局限性,通过优化切口路径以平衡显露范围与手术安全的改良术式应运而生。在此基础技术上演进设计的倒“L”形入路旨在通过更广泛的显露改善直视效果;而 Yang 等^[10]则进一步调整了切口走向,取腓窝皮纹中点至腓骨头下方约 6 cm 的倒“L”形切口,更好地避开关键神经血管并减少软组织损伤。这些改良在提供更佳显露的同时,通过精确的解剖定位增强了对腓总神经的保护。但其并未根本解决深部操作空间狭小的问题,且因切口扩大与软组织剥离范围增加,可能使胫前动脉及腓窝血管神经束在术中牵拉时更易受损。由此可见,单纯的切口形态改良虽有一定益处,但同时也引入了新的风险,其整体获益仍需审慎评估。

另一演进方向是寻求更广泛的联合显露。Frosch 入路

的提出旨在通过单一切口实现胫骨平台前、后外侧的联合显露,但该术式为实现钢板放置,必须先行游离并牵开腓总神经,这一步骤构成了显著的神经损伤隐患。尽管有研究^[11]报道了其临床有效性,然其较高的手术难度与神经风险限制了其广泛应用,尤其对于单纯 PTPF 而言,该入路可能造成了不必要的过度损伤。这一局限性催生了更具创新性的改良 Frosch 入路,例如杨少伟等^[12]将解剖间隙从“腓肠肌-股二头肌”调整为“腓骨长肌-比目鱼肌”。这一调整标志着核心理念从“牵拉保护”高危神经转变为“解剖规避”,从而在根本上提升了手术的安全性基线。此类技术对解剖层次的要求更高,易损伤深层结构,其普及性仍需更多验证。对于单纯的 PTPF,该入路的复杂性可能超过了实际需要。但毋庸置疑的是,在影像技术和精准入路设计的支持下,骨折治疗格局正不断改善患者的预后^[13]。

在精准外科理念的推动下,利用天然解剖间隙的入路设计开始受到青睐。朱海涛等^[14]提出的后外侧弧形切口双肌间隙入路作为该理念的典型代表。其设计精髓在于通过利用“腓骨长肌-比目鱼肌”和“比目鱼肌-腓肠肌”两个相对无血管神经的窗口,实现了对后外侧区域的“迂回”直达,显著降低了损伤重要结构的危险。然而,任何技术均有其适应边界。宗双乐等^[15]研究客观地揭示了该入路在深部操作空间上的局限,即难以满足复杂骨折的复位固定需求。其提出的改进方案可视对原术式适应证的拓展与功能的强化:即通过开辟“腓肌间隙”与“胫前肌间隙”2 个独立操作通道,可视对原术式适应证的拓展与功能的强化,使其能够处理更广泛的骨折类型,尤其适用于复杂粉碎性骨折。但必须认识到,这一技术演进在提升显露能力的同时,也因更广泛的软组织剥离而可能增加创伤,并伴随更陡峭的学习曲线。

1.1.2 后正中入路:高风险下的终极视野 后正中入路是实现胫骨平台后侧结构直接显露的终极路径。其技术关键在于经腓窝中线腓肠肌内外侧头间隙进入,通过精细牵开和保护其深面的血管神经束,最终抵达骨膜下目标区域。该入路的不可替代性体现在:它能够在保护后方稳定结构的前提下,为直视复位、后交叉韧带止点骨折及半月板损伤的一期处理提供最佳手术视野^[16]。

但后正中入路是一把“双刃剑”,其最主要的制约因素在于术者必须对腓窝的立体解剖有极其精准的掌握,且术中操作始终环绕重要血管神经进行,风险极高。因此,其应用必须建立在严格的适应证筛选之上,例如累及整个后侧平台的复杂骨折或合并后交叉韧带止点撕脱的病例。对于单纯的后外侧骨折,采用此入路则显得创伤过大。

1.1.3 前外侧入路:间接复位的局限与改良 前外侧入路是治疗胫骨平台骨折的常用术式,亦被应用于部分 PTPF^[17]。传统方法通过切断并后期修复胫束来间接处理后外侧骨折,该入路的核心优势在于:操作相对简便、路径熟悉、并发症风险较低,且便于同期处理前外侧损伤。但其

根本局限性在于无法在后侧放置理想的支撑钢板,仅能依靠前外侧的钢板通过长螺钉进行“悬吊”固定,其生物力学强度常显不足。虽然 Li 等^[6]报道了通过该入路取得满意疗效。但深入分析其研究人群可知,该结论可能仅适用于骨折块较完整、移位不显著的简单类型 PTPF。

因此,当前学术界的争论焦点并非其是否有效,而在于其确切的适应证范围。相比之下,面对更复杂、粉碎的骨折时,Frosch 入路因其更佳的暴露和复位能力,可能是更优的进阶选择^[6,18]。这种对比揭示了一个关键的手术决策原则:入路选择应首要基于骨折的形态学复杂性,而非术者单纯的熟悉程度。需要指出的是,现有支持各入路的研究多为回顾性病例系列,缺乏直接比较不同入路对于特定骨折类型疗效的高级循证证据,这亦是未来研究需要填补的空白。

1.1.4 腓骨小头上入路:精准间接固定的理念演进 腓骨小头上入路的提出,体现了 PTPF 手术从“广泛暴露”向“精准间接固定”的理念演进。赵智勇等^[19]巧妙利用了腓侧副韧带深面的“潜在间隙”,通过韧带牵开而非切断的方式,建立了一个直达后外侧骨折块的间接通道。其最大的技术革新在于实现了单块钢板的跨柱固定,为解决特定类型的双柱骨折提供了简洁方案。

此入路的优势在于其路径直接、软组织剥离少且相对安全;但其成功高度依赖于对局部立体解剖的精确理解,且操作空间有限,对复杂塌陷骨折的复位可能带来挑战。因此,该技术并非替代传统后外侧或前外侧入路,而是对现有技术体系的重要补充,其最佳适应证应为骨折线延伸至后外侧髌但关节面塌陷不显著的劈裂型骨折。该入路所体现的间接固定哲学,或许将推动新型内固定器械的研发,从而进一步拓展 PTPF 微创治疗的进展。

1.2 旨在扩大显露的截骨入路

当骨折形态极为复杂,通过软组织间隙入路难以实现满意显露时,截骨入路通过牺牲部分骨性结构的完整性,为复位与固定提供了极佳手术视野。然而,这种扩大的显露必然以更高的手术创伤和潜在的并发症风险为代价,其选择本质上是视野与创伤之间的严峻权衡。

1.2.1 腓骨颈截骨入路:以扩大显露为目的的经典方案 腓骨颈截骨入路自 Lobenhoffer 等提出以来,便被视作处理复杂 PTPF 的代表作之一^[20]。其技术核心在于经腓骨头表面切口,游离并保护腓总神经后,行腓骨颈截骨并分离胫腓联合,通过将附着了髂胫束等结构的腓骨头向上翻转,从而充分显露胫骨平台后外侧区域。其设计通过牺牲腓骨颈的完整性,换取对后外侧平台的全景式显露,这在常规入路难以企及的严重塌陷或劈裂骨折中具有不可替代的价值。余进伟等^[21]结合新型内固定的应用,进一步挖掘了其在生物力学稳定性上的潜力。然而,其提供的极佳显露效果是以广泛的软组织剥离、显著延长的手术时间以及一系列固有风险为代价的。这些风险主要包括腓总神经损伤、截骨端

不愈合,以及因上胫腓联合分离可能导致的远期膝关节不稳。因此,其绝对适应证范围必须严格限定,仅限于常规后外侧或联合入路无法有效处理的极端复杂骨折。对于大多数病例,术者应优先考虑创伤更小的软组织间隙入路。

1.2.2 腓骨头截骨:平衡显露与稳定的改良 腓骨头截骨入路是对腓骨颈截骨的一种重要改良,其核心在于能够显著提升关节面的显露与复位质量,同时有效规避传统入路对腓总神经及膝关节后外侧稳定结构的潜在损伤风险。Lu 等^[22]与 Yang 等^[23]的研究从不同侧面印证了该技术的可行性;前者以 V 形截骨获得了良好的短期安全性与有效性;后者则通过保留股二头肌肌腱附着点,进一步强化了对膝关节后外侧稳定性的保护。

尽管该技术优势显著,但其临床应用仍存在若干争议与挑战。首要问题在于截骨端本身,虽避免了神经损伤,但存在骨不连的风险。其次,该入路在显露过程中可能导致医源性腓骨骨折,且外侧接骨板的放置可能侵占上胫腓关节,引发远期疼痛或不稳,并为内固定物取出带来困难^[22]。尤其值得关注的争论焦点是,对于 Schatzker VI 型骨折中骨折线向骨干过度延伸的复杂病例,此入路能否为远端骨折块提供足够有效的固定,学界仍存不同见解。后续研究热点需聚焦于通过技术改良(如精准截骨设计、联合固定方案)来平衡显露视野、术中创伤及术后并发症,明确其最佳适应证,并开展长期随访以验证其远期疗效。

1.2.3 股骨髁上截骨:视野与创伤的极致权衡 股骨髁上截骨入路代表了为获取显露而采取的最具侵入性的策略之一。通过截取带有外侧副韧带和腓肌腱止点的股骨外侧髁骨块,在膝关节内翻应力下实现了对后外侧平台的直接、广泛暴露。有限的临床研究数据证实了该入路在特定情境下的有效性。在一项涉及 13 例患者的应用中,所有病例均成功实现关节面抬升(平均抬升高度 15.8 mm)与稳定固定,术后影像学评估显示解剖复位率达 61.5%,且未发生神经血管损伤或骨不连等严重并发症,最终膝关节功能均恢复至优良水平^[24]。该入路的最大优势在于:术者能够在直视下精确进行关节面复位,并同期处理关节内伴随损伤,这为实现解剖复位和早期功能锻炼奠定了坚实基础。

然而,该技术未被临床广泛采纳的根源在于其显著的侵入性与风险收益比的考量。截骨操作本身即带有医源性骨折、关节内结构损伤的风险,且截骨块必须进行可靠的再固定,这无疑显著增加了手术的复杂性、时间和潜在并发症风险,临床应用价值相对有限。

1.2.4 Gerdy 结节截骨:前外侧入路的拓展与延伸 Gerdy 结节截骨术作为前外侧入路的拓展演进,旨在克服传统前外侧入路对后外侧平台深部结构显露不足的缺陷。其关键在于通过截骨将 Gerdy 结节关节面连同髂胫束一起向外掀开,该入路在保护髂胫束止点的同时,能显著提高后外侧平台深部结构的显露程度,实现骨折块的直视下复位^[25-26]。

该入路的优势在于其既能提供比标准前外侧入路更充

分的术野,又可有效维持膝关节前外侧的稳定性,且整体创伤相对更小。然而,其应用存在明确的局限性。对于合并严重后侧柱劈裂或后交叉韧带止点骨折的病例,因其对真正的后侧结构显露依然困难^[26],该入路可能并非最佳选择。因此,其最佳适应证应为后外侧塌陷为主、而劈裂较轻的骨折类型,是实现创伤与显露效益比优化的一个折中方案。但其既没有微创入路的低创伤,也没有后正中或截骨入路的全景视野,定位略显尴尬。

1.3 精准与微创化的技术辅助

随着微创外科理念与技术的发展,关节镜辅助复位内固定术已成为治疗特定类型胫骨平台骨折的重要方向。该技术旨在克服传统开放手术创伤大、软组织损伤重、术后康复周期长等弊端。而联合使用术前 CT 扫描、术中荧光透视能更清晰地观察骨折情况并优化设计手术方案^[27]。在 Schatzker II 型骨折的临床实践中,关节镜辅助技术能够实现精准复位、配合骨移植及空心螺钉固定,从而促进术后关节功能恢复^[28]。该技术不仅具备关节面直接可视化复位的优势,还能同期诊断与处理关节内伴随损伤,显著降低感染风险及软组织相关并发症。

然而,关节镜技术在胫骨平台骨折治疗中的应用仍面

临诸多争议与挑战。首要争议在于适应证的边界。尽管 Schatzker I-III 型骨折已普遍认为适用于关节镜技术,但对于 Schatzker IV-VI 型复杂骨折是否适宜仍存争议。争议的焦点不仅在于术中液体外渗可能增加骨筋膜室综合征的风险^[29-30],更在于关节镜技术本身在操控大块骨折片以及实现坚强内固定方面存在能力上的固有局限。其次,技术操作尚未标准化。目前缺乏统一的关节镜手术流程,不同医疗中心在隧道建立、骨移植方式及内固定材料选择等方面存在差异。最后,现有研究多为小样本病例报告,缺乏长期随访数据,难以全面评估其对关节功能的远期保留效果。

2 个体化手术入路选择的核心原则

理想的手术入路应满足以下 3 个核心要求:充分的手术视野暴露、实现解剖复位的操作空间以及可靠的固定条件,同时最大限度减少相关并发症。近年来,在传统入路基础上涌现出多种创新改良术式。每种入路方案都存在其特有的适应证与局限性,这就要求术者必须精准掌握局部解剖特点,全面评估各入路的优势与风险(表 1),最终根据患者的具体伤情制定个性化手术策略,以实现最佳临床疗效。

表 1 胫骨平台骨折手术入路比较表

| 手术入路 | 类型 | 主要局限 | 典型适应证 |
|--------------|-----|------------------------------|--------------------|
| 后外侧入路 | 非截骨 | 深部操作空间有限,对复杂骨折显露不足 | 单纯后外侧劈裂/塌陷骨折 |
| 改良倒 L 形入路 | 非截骨 | 切口较大,血管牵拉风险增加 | 后外侧合并部分后侧骨折 |
| 改良 Frosch 入路 | 非截骨 | 学习曲线陡峭,解剖层次要求高 | Schatzker II 型累及后柱 |
| 后正中入路 | 非截骨 | 毗邻重要血管神经,风险高 | 后交叉韧带止点骨折、复杂后柱骨折 |
| 改良前外侧入路 | 非截骨 | 无法在后侧放置理想的支撑钢板 | 关节面塌陷型骨折 |
| 腓骨小头上入路 | 非截骨 | 操作窗口小,对塌陷骨折复位挑战大 | 劈裂型骨折,关节面塌陷轻 |
| 腓骨颈截骨入路 | 截骨 | 截骨不愈合风险,创伤大 | 常规入路难以处理的复杂 PTPF |
| 腓骨头截骨入路 | 截骨 | 可能影响上胫腓关节,取内固定困难 | 合并股骨头骨折的 PTPF |
| 股骨髁上截骨入路 | 截骨 | 创伤最大,技术要求高,关节僵硬风险 | 严重塌陷骨折伴关节内损伤 |
| Gerdy 结节截骨入路 | 截骨 | 截骨愈合问题,显露范围有限 | 后外侧塌陷型骨折 |
| 关节镜 | 微创 | 操作尚未标准化、缺乏长期随访数据、存在骨筋膜室综合征概率 | Schatzker I-III 型 |

2.1 以骨折形态为导向的初步筛选

手术入路的显露范围直接决定了直视下实现解剖复位的可行性。因此,精准的术前影像学评估是决策的基石。对于累及整个后侧平台的复杂骨折或合并后交叉韧带止点撕脱的病例,后正中入路能提供无可替代的直接视野。各类截骨入路(如腓骨颈、腓骨头截骨)通过牺牲骨性结构来换取后外侧区域的“全景式”显露,应被视为在常规入路无法满足复位要求时的终极方案。相比之下,后外侧入路及其系列改良术式是治疗单纯后外侧骨折的主力,但其对向干骺端延伸或合并后内侧柱骨折的复杂类型显露有限。前外侧入路及其衍生技术(如改良前外侧入路、腓骨小头上入

路)本质上属于间接复位路径,前者更适用于以关节面塌陷为主的骨折,后者则为骨折线延伸至后外侧但塌陷不显著的劈裂型骨折提供了微创固定通道;然而,二者共同的本质缺陷在于无法在后侧放置理想的支撑钢板,其生物力学稳定性存在固有局限。

2.2 权衡显露需求与手术安全性

在所有入路中,后正中入路因毗邻并需牵开腓动脉及胫神经,风险等级最高。传统后外侧入路与 Frosch 入路则要求全程解剖、保护腓总神经,术中牵拉易导致一过性或永久性损伤。值得关注的是,改良 Frosch 入路与双肌间隙入路通过将手术通道调整至“腓骨长肌-比目鱼肌”等相对安

全的天然间隙,实现了对神经主干的“解剖规避”,显著提升了手术安全性。在截骨入路中,腓骨颈截骨仍存在较高的腓总神经损伤风险;而腓骨头截骨与 Gerdy 结节截骨通过保留关键韧带附着点,降低了膝关节稳定性破坏的风险,但其截骨端不愈合的固有风险不容忽视。在此多维比较下,前外侧入路与腓骨小头上入路因路径中重要神经血管结构干扰最少,构成了安全性最高的选择谱系。

2.3 评估技术复杂度与远期预后

术式的复杂程度与学习曲线直接影响其普及性与可重复性。前外侧入路因其操作简单、学习曲线短,是大多数骨科医师熟悉的基础术式。后外侧入路及其改良术式要求术者熟练掌握腓骨后侧的复杂解剖结构,技术门槛为中等。而最具挑战性的当属后正中入路与各类截骨入路,不仅要求术者具备极其扎实的局部解剖知识,还需掌握娴熟的截骨与再固定技术,学习曲线极为陡峭。双肌间隙入路与改良 Frosch 入路虽在安全性上有所优化,但其成功极度依赖于术者对精细解剖层次的精准辨识能力。一个常被忽视的关键点是,技术复杂度与远期预后及并发症发生率密切相关。复杂的入路若应用得当可获得优良效果,但若由经验不足者操作,则可能导致灾难性后果。

2.4 创伤与并发症比较

非截骨类软组织间隙入路整体创伤较小,软组织剥离有限,术后感染、伤口愈合问题等风险相对较低。截骨入路虽以卓越的显露效果见长,但是以更大的手术创伤、更长的手术时间以及截骨不愈合、内固定相关并发症等特有风险为代价。此外,前外侧入路若髂胫束处理不当,可能引发膝关节外侧疼痛等远期功能障碍。关节镜辅助等微创技术能显著降低软组织并发症,但其应用目前主要限于简单骨折类型。因此,最终的决策必须是在“为完美显露所必需的创伤”与“在可接受显露下最小的创伤”之间寻求最合理的平衡。

3 总结与展望

当前关于 PTPF 手术入路的研究多集中于单一术式的疗效报道,而忽视了临床实践中骨折形态的高度异质性,导致不同研究间的结论难以直接比较,也为临床决策带来了困难。面向未来,本领域的发展呈现出以下几个清晰趋势:首先,决策体系正从经验化走向精准化与个体化。基于四柱九区分型与三维 CT 重建的详细评估,有望构建起将特定解剖亚型(如单纯后外侧塌陷型、合并干骺端劈裂型、广泛粉碎延伸型)与最优手术入路相匹配的指导体系,从而实现从“充分显露”到“精准重建”的理念转型。其次,技术发展的核心是微创化与智能化。在入路选择上,应优先采用改良后外侧入路、腓骨小头上入路等通过解剖规避提升安全性的微创技术。在固定方式上,创新性地应用“桶箍钢板”进行筏式固定,或利用 3D 打印导板辅助实现精准截骨与螺钉置入,将进一步提升复位精度与固定强度。在临床实践

中,应尽量规避腓骨颈截骨和髂胫束切断等创伤较大的传统操作。最后,围手术期管理的目标是实现快速康复。通过关节镜辅助技术减少软组织创伤,结合基于生物力学研究优化的早期负重康复方案,最终实现功能恢复的最大化。综上所述,通过解剖学的精细分层、生物力学的优化设计以及智能技术的全面赋能,在确保复位质量的同时最大限度地控制手术创伤,实现“最小创伤-最佳功能”的理想平衡,是未来 PTPF 手术治疗研究的核心目标与挑战。

利益冲突:所有作者均申明不存在利益冲突。

参考文献:

- [1] Liu CD, Hu SJ, Chang SM, et al. Treatment of posterolateral tibial plateau fractures: a narrative review and therapeutic strategy [J]. *Int J Surg*, 2025, 111 (1): 1071-1082. DOI: 10. 1097/JS9. 000000000001955.
- [2] Itthipanichpong T, Kuptniratsaikul S, Limskul D, et al. Arthroscopic-assisted reduction of depressed lateral tibial plateau fracture using precision drill guide and fresh-frozen femoral head allograft [J]. *Arthrosc Tech*, 2022, 11 (6): e1007-e1012. DOI: 10. 1016/j. eats. 2022. 02. 003.
- [3] O'Neill D, Thorne TJ, Scolaro J, et al. Evaluation and management of posterior tibial plateau fractures [J]. *J Am Acad Orthop Surg*, 2024, 32 (19): e970-e981. DOI: 10. 5435/JAAOS-D-23-01255.
- [4] Upadhyay A, Mr A, Maramreddy L, et al. Posterolateral tibial plateau osteochondral fractures in association with anterior cruciate ligament injuries and their management: a report of two cases [J]. *JBJS Case Connect*, 2025, 15 (2). DOI: 10. 2106/JBJS. CC. 24. 00340.
- [5] Feng J, Gu Y, You W, et al. A posterolateral sheared fracture of the tibial plateau: a case presentation [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2021, 22 (1): 488. DOI: 10. 1186/s12891-021-04373-8.
- [6] Li J, Ali KA, Xia C, et al. Anterolateral approach for posterolateral tibial plateau fractures [J]. *Acta Orthop Belg*, 2023, 89 (2): 354-361. DOI: 10. 52628/89. 2. 11211.
- [7] Huang Y, Ma X, Wu S, et al. Digital virtual reduction combined with individualized guide plate of lateral tibial condyle osteotomy for the treatment of tibial plateau fracture [J]. *Technol Health Care*, 2025, 33 (1): 143-155. DOI: 10. 3233/THC-240704.
- [8] 姚翔,徐勇,袁即山,等. 胫骨平台骨折的四柱九区分型体系 [J]. *中华创伤骨科杂志*, 2020, 22 (8): 665-675. DOI: 10. 3760/cma. j. cn115530-20191127-00429.
- [9] Alencar Neto JB, Rego I, Lopes M, et al. Outcomes of the carlson approach in the treatment of posterior tibial plateau fractures [J]. *Rev Bras Ortop (Sao Paulo)*, 2023, 58 (2): 313-319. DOI: 10. 1055/s-0042-1749201.
- [10] Yang X, Pan M, He H, et al. Feasibility of the modified inverted L-shaped approach for posterolateral tibial plateau fracture: a retrospective study [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2022, 101 (40): e31057. DOI: 10. 1097/MD. 0000000000031057.
- [11] Yuan T, Cai D, Yang F, et al. Clinical analysis of the frosch ap-

- proach in the treatment of posterolateral tibial plateau fractures combined with lateral tibial plateau fractures [J]. *Orthop Surg*, 2023, 15(11):2974-2984. DOI:10.1111/os.13890.
- [12] 杨少伟, 郑玉堂, 徐新如. 改良 Frosch 入路在累及后外侧柱的 Schatzker II 型骨折中的应用 [J]. *中国骨伤*, 2024, 37(6): 616-621. DOI:10.12200/j.issn.1003-0034.20220618.
- [13] Latip MF, Syafiq S, Mohamad Khalil AF, et al. Tibial plateau fracture: implementing the modified frosch approach for dual-benefit achievement [J]. *Cureus*, 2025, 17(1): e77863. DOI: 10.7759/cureus.77863.
- [14] 朱海涛, 王文跃, 王俭, 等. 外后侧弧形切口双肌间隙入路治疗胫骨后外侧平台塌陷骨折 [J]. *中华骨科杂志*, 2014, 34(7): 703-708. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-2352.2014.07.002.
- [15] 宗双乐, 苏立新, 李力更, 等. 经后外侧反弧形切口双肌间隙入路治疗胫骨后外侧平台塌陷骨折 [J]. *中国修复重建外科杂志*, 2016, 30(9): 1076-1080. DOI: 10.7507/1002-1892.20160219.
- [16] Alessio-Mazzola M, Placella G, Conca M, et al. Posterolateral tibia plateau fractures: pros and cons of different surgical approaches [J]. *EFORT Open Rev*, 2025, 10(6): 416-423. DOI: 10.1530/EOR-2025-0037.
- [17] Rossmann M, Fensky F, Ozga AK, et al. Tibial plateau fracture: does fracture classification influence the choice of surgical approach? A retrospective multicenter analysis [J]. *Eur J Trauma Emerg Surg*, 2022, 48(5): 3635-3641. DOI: 10.1007/s00068-020-01388-z.
- [18] Zhang J, Zheng Y, Wu J, et al. Extended anterolateral versus Frosch approach for type II tibial plateau fractures involving the posterolateral column: a retrospective case series study [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2025, 104(25): e42767. DOI: 10.1097/MD.00000000000042767.
- [19] 赵智勇, 姜士超, 徐鹏, 等. 经改良腓骨小头上入路 L 型钢板治疗累及后外侧髁的胫骨平台外侧骨折的临床研究 [J]. *骨科*, 2022, 13(2): 130-134. DOI: 10.3969/j.issn.1674-8573.2022.02.007.
- [20] 刘兆杰, 贾健, 胡永成, 等. 胫骨后外侧平台骨折手术入路及内固定方式的研究进展 [J]. *中华创伤杂志*, 2019, 35(4): 368-376.
- [21] 余进伟, 陈豪杰, 郭甲瑞, 等. 经腓骨颈截骨入路新型胫骨平台外侧环状接骨板治疗胫骨平台后外侧骨折 [J]. *中国修复重建外科杂志*, 2022, 36(9): 1103-1107.
- [22] Lu Y, Wang G, Ren C, et al. Partial fibular head osteotomy is an alternative option in treatment of posterolateral tibial plateau fractures: a retrospective analysis [J]. *Front Surg*, 2022, 9: 915814. DOI: 10.3389/fsurg.2022.915814.
- [23] Yang S, Lian Y, Yang L, et al. Fibular head osteotomy: a new technique for better exposure of postero-lateral tibial plateau fracture [J]. *J Orthop Traumatol*, 2025, 26(1): 19. DOI: 10.1186/s10195-025-00836-z.
- [24] Durigan JR, Moraes C, Hamra P, et al. Depression fractures of the posterolateral tibial plateau: treatment by lateral femoral epicondyle osteotomy approach [J]. *Injury*, 2023, 54 Suppl 6: 110620. DOI: 10.1016/j.injury.2023.02.003.
- [25] Johnson EE, Timon S, Osuji C. Surgical technique: Tschern-Johnson extensile approach for tibial plateau fractures [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2013, 471(9): 2760-2767. DOI: 10.1007/s11999-013-2962-2.
- [26] 霍永峰, 殷照阳, 孙宏, 等. 经改良腓骨头上入路 Gerdy 结节截骨治疗累及后外侧髁的 Schatzker IV 型胫骨平台骨折 [J]. *中华骨与关节外科杂志*, 2023, 16(10): 927-934. DOI: 10.3969/j.issn.2095-9958.2023.10.08.
- [27] Jabara JT, Only AJ, Paull TZ, et al. Arthroscopically assisted percutaneous screw fixation of tibial plateau fractures [J]. *JBJS Essent Surg Tech*, 2022, 12(2): e21.00026. DOI: 10.2106/JBJS.ST.21.00026.
- [28] Andrianus J, Akbar M, Yahya FA. The future of surgery: a case of schatzker type II tibial plateau fracture operated with arthroscopic-assisted technique [J]. *Int J Surg Case Rep*, 2024, 122: 110107. DOI: 10.1016/j.ijscr.2024.110107.
- [29] Franulic N, Brito C, Del Pino C, et al. The use of arthroscopy does not increase the incidence of complications in the management of Schatzker IV-VI tibial plateau fractures [J]. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol*, 2023, 67(4): 290-296. DOI: 10.1016/j.recot.2023.01.004.
- [30] Khan K, Mushtaq M, Rashid M, et al. Management of tibial plateau fractures: a fresh review [J]. *Acta Orthop Belg*, 2023, 89(2): 265-273. DOI: 10.52628/89.2.11508.

(收稿日期 2025-08-19)

(本文编辑:石俊强)